3С

УДК 004.9+005.94

А.Е. Стрижак
Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства
НАН Украины, г. Киев, Украина, sae953@gmail.com
Украина, 03186, Киев, Чоколовский б-р. 13

Механизмы формирования состояний онтологических систем

O.Ev. Stryzhak
The Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
Ukraine, 03186, Kyiv, Chokolivskiy bulv, 13

Mechanisms of Formation of States of Ontological Systems

О.Є. Стрижак
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, Україна
Україна, 03186, Київ, Чоколівський б-р., 13

Механізми формування станів онтологічних систем

Рассматриваются проблемы формирования онтологий как множеств состояний взаимодействия с множественным отношением упорядоченности над ее системными компонентами. Описываются инвариантные функции, обеспечивающие формирование состояний. Определяются свойства состояний онтологической системы, обеспечивающие этапы процесса решения прикладных задач.
Ключевые слова: онтология, таксономия, множественная упорядоченность, выбор.

Considered the problems of formation of ontologies as sets of states interact with multiple relationships ordering over its system components. Describes the invariant functions providing formation of states. Determined by the properties of the states of the ontological systems providing steps in the process of solving applied problems.
Key words: ontology, taxonomy, multiple order, choice.

Розглядаються проблеми формування онтологій як множин станів взаємодії з множинним відношенням упорядкованості над її системними компонентами. Описуються інваріантні функції, що забезпечують формування станів. Визначаються властивості станів онтологічної системи, що забезпечують етапи процесу розв’язання прикладних задач.
Ключові слова: онтологія, таксономія, множинна упорядкованість, вибір.

Введение

Онтологии играют достаточно серьезную роль в процессах формализации концептуального отображения описаний предметных областей. На сегодняшний день существует много подходов к формированию различных типов онтологических структур [1]. Различают онтологии представления, онтологии верхнего уровня, онтологии предметных областей и прикладные онтологии [2], [3]. Все эти типы обладают свойством рекурсивности [4], т.е. они позволяют определять друг друга за счет перехода от категории общности знания до категории конкретного смысла единицы знаний и в обратном порядке от категории смысла до категории высокой общности.

Основная идея построения онтологий на основе рекурсивного комбинирования разных типов, является создание языковых структур, синтаксис которых позволяет достаточно функционально поддерживать взаимодействия между лексическими конструкциями, представляющими определенные семантические образования. Сложность такого подхода заключается в обеспечении синхронизации смыслов многообразия семантических образований, сводящаяся к проблеме корректного использования различных форматов представления информационных единиц.

Следует отметить, что при формировании онтологии любого типа ее разработчики чаще всего начинают с анализа текстов, описывающих смыслы семантических образований ее предмета. То есть тексты можно рассматривать как пассивные представления знаний о предмете онтологического моделирования. А само онтологическое моделирование рассматривается как некий процесс отображения пассивного представления состояния взаимодействия семантических образований, в активное взаимодействие между ними. При рассмотрении большого числа фактов, представляющих множества состояний взаимодействия между семантическими образованиями, возникают проблемы множественной классификации, что тянет за собой усложнение языковых конструкций их описания как композиций концептов онтологической модели.

Целью работы является предложить конструктивный подход по представлению инструментов, обеспечивающих формирование категорий множественности концептов онтологии, позволяющих представлять состояния взаимодействий, формируемых в среде онтологии семантических образований.

Множественность онтологических состояний

На основе универсальности определенных свойств онтологий [1-3] можно сделать следующий вывод: все семантические образования формируемого типа онтологической модели можно представить в виде множества истинных высказываний и/или утверждений, связывающих концепты онтологии. При этом все эти утверждения могут иметь тривиальный вид, т.е. быть представимыми только двумя связанными концептами. Данное утверждение также подчеркивает рекурсивность свойств онтологии, т.к. любой концепт может иметь сложную структуру, которую всегда можно разложить на составляющие ее тривиальные утверждения.

Рекурсивность [4], [5] представления семантических образований как множеств композиций из концептов в виде истинных утверждений позволяют применять для их описания различные по уровню формализации языковые модели. Действительно, при решении конкретной задачи выполняются действия связанные с анализом исходных данных, определением используемых в процессе ее решения аксиом и правил-теорем, формулировкой каждого промежуточного состояния процесса решения и тому подобное. И каждое такое описание может быть представлено в виде конкретного высказывания и/или утверждения в терминах используемой для ее решения теории [5]. Сами конструкции, описывающие состояния процесса решения задачи, могут быть представлены различной терминологией – естественно-языковой, предикативными формулами, уравнениями разного вида и типа, графическими схемами и т.п. Онтологическая система, в среде которой возможна реализация такого гибридного языкового представления сценария нахождения решения, должна обладать сложными средствами синхронизации синтаксических описаний как используемых концептов, так и самих утверждений, представляющих конкретные состояния решения задачи.

Определим понятие *взаимодействия* между компонентами онтологической системы. Под *взаимодействием* будем понимать любое непустое утверждение, которое связывает конкретным действием компоненты онтологической системы. Под действием понимается любое преобразование, связанное с концептами онтологии. Примером может быть установление истинности высказывания, построенного из концептов, определение типа отношений между ними, формулирование и/или доказательство истинности определенного утверждения. Введенное понятие *взаимодействия* позволяет рассмотреть процесс синхронизации на основе выделения определенных *инвариантов*, которые в какой-то мере влияют на все состояния взаимодействия онтологических системных компонентов [1], [2], [6-8]: концептов, их свойств и отношений между ними, и правил обращения с ними в рамках определенных теорий [5]. Понятно, что такие инварианты принимают непосредственное участие во взаимодействии компонентов онтологических систем.

Рассмотрим более детально процесс взаимодействия. Категория *взаимодействие* предусматривает участие в формировании ситуации как минимум двух системных компонентов онтологии, где каждая из компонент может оказывать одна на другую определенные воздействия. Примером воздействий концептов друг на друга могут являться сформированные простые предикативные выражения и/или истинные тривиальные утверждения.

Представим множество концептов в виде – X, множество отношений между концептами в виде – R и множество функционалов – F, заданные над концептами онтологии, и некоторые из них являются правилами построения композиций из концептов. Определим также одну из системных компонент онтологии – таксономию – T [1], [2], [4], [10], как множество разбиений множества концептов X, на подмножества с заданным множественным бинарным слабым отношением упорядоченности – p [3], [5], [9]. При этом следует отметить, что таксономические структуры онтологии, как подмножества концептов, могут быть представлены в виде наборов последовательностей разной длины, составляющих последовательность 2^X. Тогда во множестве функционалов F можно всегда определить как минимум одну порядковую функцию F_p на последовательности 2^X. Функция F_p обладает свойством аддитивности, порядкоаддитивности и монотонности [9]. И справедливо утверждение, что среди концептов множества X всегда можно найти концепт $x \in X$, такой что:

$$F_p(X) = max\, F_p(T), \tag{1}$$

т.е. подбирая тип отношения упорядоченности, как декартово произведение концептов, мы всегда можем определить последовательность из концептов $\boldsymbol{x}$, связанных этим типом отношения бинарной упорядоченности и определить позиционирование каждого концепта.

Тогда можно определить непустое конечное множество воздействий Q [9], такое, что ее элементы $q_1, q_2, q_3, ..., q_n$ определяют множество последствий ψ использования концептов онтологии. Указанное множество последствий позволяет задать множество причинно-следственных отношений – Λ, между множествами X, R и F. Таким образом, воздействия концептов друг на друга могут быть инициированы на основе выбора определенного причинно-следственного отношения. Сами причинно-следственные отношения устанавливаются между конкретными парами концептов, которые могут принадлежать к разным таксономиям. Тогда воздействие на конкретные наборы концептов могут быть инициированы активным использованием выбранной на основе условий воздействия таксономии.

Причинно-следственные отношения могут быть определены отображением:

$$Q \times X \Rightarrow \psi \times T \Rightarrow \Lambda \qquad (2)$$

Тогда выражение (1) позволяет задать последовательность 2^X при определении условий формирования таксономий T, и тем самым определить разложимость множества концептов X по множеству последствий ψ и по подмножеству причинно-следственных отношений. То есть активность онтологических систем определяется процессом формирования множественности состояний взаимодействия на основе определения условий воздействия их образующих компонентов – концептов и их свойств друг на друга, как на индивидуальном, так и на множественном уровнях.

Инварианты состояний взаимодействия

На каждом этапе формирования состояния взаимодействия всегда реализуются следующие действия – *анализ, синтез, выбор*. Описание указанных действий реализуется в терминах используемой на данный момент теории. Причем, указанные виды действий можно определить как *инварианты*, представляющие практически любое состояние взаимодействия. Очевидным является факт представления инвариантов в виде утверждений, сформированных из концептов онтологии.

Тогда, т.к. концепты онтологии связаны между собой определенными отношениями, следует рассмотреть аспект их ассоциативности. Это позволяет отойти от рассмотрения синтаксических конструкций, связывающих концепты онтологии, и строить анализ условий их применимости в каждом конкретном состоянии взаимодействия на основе их свойств. Другими словами определения порядка, используемого при взаимодействии концепта (выражение (1)), и построение таксономических структур онтологии, как информационного базиса формирования истинных утверждений (выражение (2)), обеспечивают представление формируемых состояний взаимодействия в произвольной синтаксической конструкции. Главное, чтобы правила построения этих конструкций были представлены в аксиоматике онтологической системы. Синхронизация между состояниями реализуется за счет множественности свойства ассоциативности, которое определяется для концептов онтологии как гиперотношение множественной слабой упорядоченности [9].

Свойство ассоциативности позволяет рассматривать функцию выражения (1) как сепарабельную. То есть все инвариантные по отношению к состояниям онтологической системы действия могут быть применимы раздельно и без учета значений порядковой функции при выборе условия воздействия.

Слабая упорядоченность только задает порядок рассмотрения множества воздействий $q_i \in Q \middle| 1 \le i \le n$ при формировании состояний, но не определяет порядок следования между ними и их иерархическую соподчиненность. Иерархичность, отображаемая множествами таксономий T, определяется определением над ними множественного отношения линейной упорядоченности.

На основе множественных отношений между концептами таксономий определяется область применимости инвариантных действий при формировании состояний взаимодействия онтологической системы. Особую роль играет действие выбора. Этот онтологический инвариант определяется функцией выбора – $F_{sel}(X)$ [9], [11], заданной над концептами, между которыми определено множественное бинарное отношение частичной упорядоченности $-R_p \subseteq R$.

$$Q \times R_p = F_{sel}(X) \Rightarrow \psi \times T. \qquad (3)$$

Практически инициализация воздействия на любой концепт или категорию онтологической системы определяется инвариантным действием выбора. Тем самым порождается определенная функция выбора, которая задается над таксономическими структурами онтологической системы. Первичным является выбор таксономической структуры. Причем первичность имеет определенную двойственность – выбор концептов при формировании множества таксономий онтологической системы, и выбор непосредственно таксономии для формирования состояний взаимодействия онтологических категорий.

Непосредственно выбор реализуется на основании последовательного применения функции порядка (1) к определенному подмножеству $X' \subseteq X$.

Функция выбора вида (3) детерминирована и обеспечивает формирование таксономий, на основе использования отношения множественной упорядоченности и причинно-следственных связей – Λ. Соблюдение указанных действий и условий их выполнимости вида (2), (3), обеспечивает, на этапе формирования состояний взаимодействия, формулирование истинных утверждений, как семантических образований онтологической системы. Сам выбор осуществляется в два элементарных этапа: 1) реализуется анализ свойств концепта и 2) порождается бинарное отношение упорядоченности, связывающее элементы онтологии: *концепт-концепт*; *концепт-свойство-отношение*; *концепт-функция-правило*. Рекурсивное применение функции выбора по выбранному отношению упорядоченности является правилом построения таксономической структуры онтологической системы.

Сам выбор может быть представлен определенным методом. К числу таких методов относят [9], [11] – скалярно-оптимизационный, векторно-оптимизационный и графо-доминантный. Эффективность применения каждого из них зависит от многих условий. Так при формировании таксономических структур наиболее оптимальным является графо-доминантный. Этот метод использует множественную упорядоченность концептов и их свойств. В случае, когда соответствующий выбор концептов осуществляется при условии существования условия экстремальности, наиболее подходящим является скалярно-оптимизационный. Если свойства концептов онтологической системы могут образовывать множество Парето [11], то наиболее подходящим является векторно-оптимизационный. Причем достоинством последнего метода является возможность инициировать воздействие на категорию свойств концептов онтологии. То есть векторно-оптимизационный метод обеспечивает на основе рационального выбора формирование классов концептов как объектов определенной предметной области. Доминирующим воздействием на формирование состояния взаимодействия онтологической системы является объединяющее свойство, которое выделяется в качестве признака. Отображением сформированного состояния взаимодействия является конкретная таксономия из выбранных концептов онтологии.

Как видно, все состояния взаимодействия онтологической системы формируются на основе функций выбора, анализа и синтеза. Более того, все этапы включают в себя воздействие категории онтологической системы, на основании которого реализуется рациональный выбор состояния. Так как функция рационального выбора обладает свойствами наследования, независимости по выбору вариантов и сепарабельности, то справедливо утверждение: все состояния взаимодействия онтологической системы обладают перечисленными свойствами функции выбора. Такое свойство онтологии позволяет находить эквивалентные состояния взаимодействия при решении прикладных задач.

Заключение

Определение для онтологических систем множественных отношений упорядоченности позволяют формировать состояния взаимодействия на основе таких функциональных действий как анализ, синтез, выбор. Указанные функции являются инвариантными для любого состояния онтологической системы. Причем свойства функции выбора разрешают представлять описания различных состояний взаимодействия, включая связанные между собой отношениями и условиями, в терминах различных теорий. Следует также отметить конструктивность свойств функции выбора, выражаемые в их наследовании состояниями взаимодействия компонентов онтологической системы.

Указанные свойства сепарабельности, аддитивности, порядкоаддитивности и монотонности позволяют рассматривать каждое состояние взаимодействия как отдельный процесс. Это позволяет распараллелить процессы формирования онтологических структур разного вида – таксономии, тезаурусы, математические модели разного типа и т.п. Процесс организации взаимодействия между ними может быть сведен к организации протоколов обмена информационными массивами по каждому состоянию. И каждое состояние взаимодействия, в данном случае, позволяет определить множественную интерпретацию смыслов классов концептов таксономических структур онтологии.

Эффективность такого подхода заключается в обеспечении решения технологических проблем, связанных с интеграцией различных тематических онтологических моделей при решении прикладных задач.

Список литературы

1. Клещёв А.С. Необогащенные системы логических соотношений / А.С. Клещёв, И.Л. Артемьева // Научно-техническая информация. – 2000. – № 7 – 8 : № 7. – С. 18-28, № 8. – с. 8-18
2. Добров Б.В. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учебное пособие / Б.В. Добров, В.В. Иванов, НВ. Лукашевич, В.Д. Соловьев. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2009. – 173 с. : ил. – (Серия «Основы информационных технологий»).
3. Шалфеева Е.А. Классификация структурных свойств онтологий / Е.А. Шалфеева // Искусственный интеллект. – 2005. – № 3. – С. 67-77.
4. Справочная книга по математической логике: В 4-х частях / Под ред. Дж. Барвайса. – Ч.III. Теория рекурсии : Пер. с англ. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 360 с.
5. Клини С.К. Введение в метаматематику [Текст] / С.К. Клини. – М. : Иностранная литература, 1957. – 526 с.
6. Guarino N. The Ontological Level [Текст] / N. Guarino, R. Casati, N. Smith, G. White // Philosophy and the Cognitive Sciences. – Vienna : Holder-Pichler-Tempsky, 1994. – p. 443-456.
7. Палагин А.В. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / А.В. Палагин, С.Л. Крывый, Н.Г. Петренко. – [монография] – Луганск : изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 323 с.
8. Комп’ютерні онтології та їх використання у навчальному процесі. Теорія і практика : Монографія / С О. Довгий, В.Ю. Велічко, Л.С. Глоба та ін. – К. : Інститут обдарованої дитини, 2013. – 310 с.
9. Малишевский А.В. Качественные модели в теории сложных систем [Текст] / А.В. Малишевський. – М. : Наука. Физматлит, 1998. – 528 с.
10. Шаталкин А.И. Таксономия. Основания, принципы и правила [Текст] / А.И. Шаталкин. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 600 с.
11. Микони С.Д. Теория и практика рационального выбора : монография / С. Д. Микони. – М. : Маршрут, 2014. – 463 с.

References

1. Kleschev A. S. Unenriched Logical Relationship Systems / A. S. Kleschev, I. L. Artemyeva // Scientific and technological information. – 2000. – № 7 – 8 : № 7. – p.18-28, № 8. – p. 8-18

2. Dobrov B. V. Ontologies and thesauruses: models, tools, applications: a tutorial / B. V. Dobrov, V. V. Ivanov, N. V. Lukashevich, V. D. Solovyov. – M. : Internet University of Information Technology; BINOM. Knowledge Laboratory. – 2009. – 173 p. – (Series "Fundamentals of Information Technology").
3. Shalfeeva E. A. Classification of Structural Properties of Ontology / E. A. Shalfeeva // Artificial Intelligence. – 2005. – № 3. – pp. 67-77.
4. Handbook of Mathematical Logic: In 4 parts / Ed. by J. Barwise. – Part III. The Recursion Theory: Trans. from English. – M. : Science. The Editorial Office of the Physical and Mathematical Literature, 1982. – 360 p.
5. Kleene S. C. Introduction to the Metamathematics [Текст] / S. C. Kleen. – M. : Foreign Literature, 1957. – 526 p.
6. Guarino N. The Ontological Level [Текст] / N. Guarino, R. Casati, N. Smith, G. White // Philosophy and the Cognitive Sciences. – Vienna : Holder-Pichler-Tempsky, 1994. – p. 443-456.
7. Palagin A. V. Ontological Methods and Means of the Processing of Subject Knowledge / A. V. Palagin, S. L. Kryvyi, N. G. Petrenko. – [monography] – Lugansk: publ. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2012. – 323 p.
8. Computer Ontologies and Their Use in the Learning Process. Theory and Practice: Monograph / S. O. Dovhyi, V. Iu. Velychko, L. S. Globa et al. – K. : The Institute of Gifted Child, 2013. – 310 p.
9. Malishevskyi A. V. Qualitative Models in the Theory of Complex Systems / A. V. Malishevskyi. – M. : Science. Fizmatlit, 1998. – 528 p.
10. Shatalkin A. I. Taxonomy. Rationale, Principles and Rules / A. I. Shatalkin. – M. : Fellowship of Scientific Publications КМК, 2012. – 600 p.
11. Mikoni S. D. Theory and Practice of Rational Choice: Monograph / S. D. Mikoni. – M. : Marshrut, 2014. – 463 p.

RESUME

O. Ev. Stryzhak

Mechanisms of Formation of States of Ontological Systems

Background: Determinations and properties of mechanisms providing the full-scale forming of the ontological systems on different subjects are expounded in the article. For this purpose the conditions of forming of the states of interactions between the systems components of ontologies are determined.

Materials and Methods: On the basis of conditioned above the components of the ontological systems of relation of a plural ordering the functional invariants of forming of the states of interaction are determined. The indicated invariants consist of functional actions is a choice, analysis, synthesis. Taking into account properties of invariants the mechanisms of creation of taxonomies as hierarchical structureswith properties of plural ordering are proposed. The using of properties of inheritance and determinacy of choice function ensures that the conditions of constructive realization of process of forming of semantic formations of the ontological system as the synchronized ordering of true statements. The certain methods of application of rational choice for forming of the states of interaction of the ontological system components are determined. The conditions of application of certain methods of choice for creation of taxonomical structures of ontology are grounded.

Results: Offer in the article mechanisms of forming of the interaction states of ontological structures provide the synchronized using of different on syntactic-language signs semantic formations of the ontological system. The set of the states of cooperation of ontology components can be presented by means of language constructions with a different syntax, but above all of them the conditions of the set of casual relations determined by properties of ontology concepts are executed.

Conclusion: Ontological methods and mechanisms which use a concept: taxonomical category, plural ordering, functions of the choice, analysis and synthesis, are ensure the decisions of complex technical problems associated with the integration and aggregation of different themes complex ontological systems.

Статья поступила в редакцию 02.06.2014.